

## Method for producing semiconductor components

**Publication number:** DE3829906  
**Publication date:** 1990-03-15  
**Inventor:** HOFMANN-TIKKANEN ROLAND DIPL P (DE);  
LINDNER ROLF DIPL PHYS (DE)  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** **H01L21/18; H01L21/02;** (IPC1-7): H01L21/265;  
H01L21/58; H01L21/60  
- **european:** H01L21/18B2  
**Application number:** DE19883829906 19880902  
**Priority number(s):** DE19883829906 19880902

**Report a data error here**

### Abstract of DE3829906

The invention relates to a method for producing semiconductor components by direct bonding (SDB). In this case, the plane surfaces of two parts are provided by polishing with a low peak-to-valley roughness (height), and a material is subsequently introduced into at least one of the two surfaces and the two surfaces are bonded after surface treatment. The invention consists in that at least one of the two polished surfaces is provided by implantation of material with a crystal lattice imperfection (defect, disorder), and these surfaces are then bonded. Silicon can preferably be implanted for the purpose of bonding silicon wafers. This method produces a substantially increased adhesion capability (adhesivity) of the bonded surfaces.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
11 **DE 38 29 906 A 1**

51 Int. Cl. 5:

**H 01 L 21/58**

H 01 L 21/60

H 01 L 21/265

21 Aktenzeichen: P 38 29 906.2

22 Anmeldetag: 2. 9. 88

43 Offenlegungstag: 15. 3. 90

DE 38 29 906 A 1

71 Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

72 Erfinder:

Hofmann-Tikkanen, Roland, Dipl.-Phys., 8500  
Nürnberg, DE; Lindner, Rolf, Dipl.-Phys., 8520  
Erlangen, DE

54 Verfahren zum Herstellen von Halbleiter-Bauelementen

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen von Halbleiter-Bauelementen durch direktes Bonden (SDB). Dabei werden die ebenen Oberflächen von zwei Teilen durch Politur mit einer geringen Rauhtiefe versehen und anschließend wird in wenigstens eine der beiden Oberflächen ein Material eingebracht und nach einer Oberflächenbehandlung werden die beiden Oberflächen gebondet. Die Erfindung besteht darin, daß wenigstens eine der beiden polierten Oberflächen durch Implantation von Material mit einer Kristallgitterstörung versehen und dann diese Oberflächen gebondet werden. Zum Bonden von Siliziumscheiben kann vorzugsweise Silizium implantiert werden. Durch dieses Verfahren erhält man eine wesentlich erhöhte Haftfähigkeit der gebondeten Oberflächen.

DE 38 29 906 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen von Halbleiter-Bauelementen durch Bonden der ebenen Oberflächen von zwei Teilen, bei dem die beiden Oberflächen durch Politur mit einer geringen Rauhtiefe versehen werden und anschließend in wenigstens eine der beiden Oberflächen ein Material eingebracht wird und nach einer Oberflächenbehandlung die beiden Oberflächen gebondet werden.

Es ist bekannt, daß eine Verbindung zweier verhältnismäßig großer Oberflächen von Halbleiterbauteilen dadurch hergestellt werden kann, daß die beiden ebenen Oberflächen durch Politur mit einer geringen Rauhtiefe versehen werden, anschließend diese beiden Oberflächen durch eine vorbestimmte Behandlung hydrophile Eigenschaft erhalten, dann bei Raumtemperatur zusammengefügt und anschließend einer Wärmebehandlung unterzogen werden. Die Wärmebehandlung wird auf eine Temperatur begrenzt, bei der Kristallgitterdefekte noch nicht auftreten können. Man erhält einen guten elektrischen Kontakt zwischen den gebondeten Oberflächen oder auch eine gute elektrische Isolation, wenn oxidierte Oberflächen gebondet werden.

Man kann bekanntlich durch Diffusion von Dotierungsstoff in die Oberfläche von Halbleiterbauelementen einen sperrenden Übergang herstellen oder auch durch Oxidation diese Oberfläche mit einer Isolierschicht versehen. Diese Verfahren werden verwendet, wenn der Dotierungsstoff in einen Bereich in der Nähe der Oberfläche eingebracht werden soll oder diese Fläche mit einer Oberflächenschicht, insbesondere einer Dünnschicht, versehen werden soll. Man kann beispielsweise Sauerstoff durch Ionen-Implantation in ein Siliziumsubstrat einbringen und anschließend ausheilen und dadurch eine Oxidschicht herstellen. Es ist jedoch schwierig, beispielsweise eine Oxidschicht einer vorbestimmten Dicke oder einen sperrenden Übergang in größerer Tiefe des Substrats herzustellen. Dies ist jedoch erforderlich beispielsweise bei bipolaren integrierten Schaltkreisen oder auch bei MOS-Bipolartransistoren.

Nach einem bekannten Verfahren kann ein sperrender Übergang oder auch eine Oxidschicht in nahezu beliebiger Tiefe eines Halbleitersubstrats dadurch hergestellt werden, daß zunächst ebene flache Oberflächen von zwei Halbleitersubstraten durch Polieren mit einer sehr geringen Rauhtiefe versehen und dann wenigstens eine der beiden polierten Oberflächen mit einem sperrenden Übergang versehen wird und anschließend diese Oberflächen der beiden plattenförmigen Halbleitersubstrate in verhältnismäßig sauberer Atmosphäre gebondet werden. Die Rauhtiefe der beiden Oberflächen soll bei diesem Verfahren 0,05 µm nicht überschreiten. Der sperrende Übergang in einer der Oberflächen wird durch Diffusion von Dotierungsstoff hergestellt. Eine Oxidschicht auf einer der beiden Oberflächen kann beispielsweise durch thermische Oxidation hergestellt werden. Eine reine Atmosphäre, in der die beiden Oberflächen gebondet werden, soll nicht mehr als 20 Partikel/m<sup>3</sup> enthalten (europäische Patentanmeldung 01 61 740).

Die zum Bonden vorgesehenen Flächen können auch noch einer besonderen Oberflächenbehandlung unterzogen werden. Sie können beispielsweise gereinigt werden durch Behandlung mit einer H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Mischung und Eintauchen in eine Flußsäurelösung. Nach dieser Vorbehandlung wird eine hydrophile Oberflächenschicht dadurch hergestellt, daß die Substrate in

verdünnte Säure, beispielsweise 5%ige Schwefelsäure H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, eingetaucht werden. Dann werden die Substrate gewaschen, vorzugsweise in entionisiertem Wasser, getrocknet und dann gebondet (J. Appl. Phys. 60 (8), 15. Oktober 1986, Seiten 2987 - 2989).

Es kann auch ein vergrabener sperrender Übergang in einem Substrat oder eine Schicht mit entgegengesetzter Leitfähigkeit, beispielsweise eine Pufferschicht (buffer layer) dadurch hergestellt werden, daß Oberflächen von Halbleiterkörpern mit entgegengesetzter Leitfähigkeit gebondet werden. Zu diesem Zweck kann beispielsweise eine n-dotierende Verunreinigung, vorzugsweise ein Phosphor, in die polierte ebene Oberfläche eines Substrats mit hohem elektrischen Widerstand implantiert und anschließend einer Wärmebehandlung (drive in) unterzogen werden, bei dem die implantierten Phosphor-Atome tiefer in das Silizium hineinwandern. Anschließend wird durch Implantation einer Verunreinigung mit entgegengesetzter Dotierung, beispielsweise Bor, implantiert und durch eine Wärmebehandlung (annealing) ausgeheilt. Bei dieser Wärmebehandlung mit verhältnismäßig hoher Temperatur erhält man eine Rekristallisation an der Oberfläche, durch die Störungen im Kristallgitter an den zu bondenden Oberflächen beseitigt werden. Nach dem Bonden bleibt aber noch immer eine erhebliche Zahl von Gitterstörungen an den gebondeten Flächen erhalten (Extended Abstracts of the 18th (1986 International) Conference on Solid State Devices and Materials, Tokyo, 1986, Seiten 89 bis 92, B-3-1).

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das die Halbleiterscheiben beim Bonden auf der gesamten Fläche verbindet und zugleich in der gestörten Bondschicht die elektrischen Eigenschaften nicht oder nur unwesentlich verschlechtert.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß die bei der Implantation entstehenden Störungen des Kristallgitters sich besonders günstig auf das Bonden auswirken und zugleich in der sich an den SDB-Prozeß anschließende Wärmebehandlung leicht einen Platzwechsel der Silizium-Atome ermöglichen, der damit zum Silizium-Materialtransport innerhalb der gebondeten Oberflächen führt. Die Implantation erfolgt mit verhältnismäßig geringer Energie, vorzugsweise weniger als 100 keV, und entsprechend geringer Eindringtiefe der Dotierungsstoffe sowie mit einer Dosis, die unterhalb der amorphen Implantationsdosis liegt. Damit wird eine wesentliche Zerstörung des Kristalls im Oberflächenbereich vermieden. Damit erhält man eine Verbindung der gebondeten Oberflächen, die sich über die gesamte Fläche erstreckt.

Durch die Implantation mit niedriger Energie und einer jeweils der anderen Siliziumscheibe angepaßte Dosis wird erreicht, daß die Eindringtiefe des Dotierungsstoffes nur einige 10 bis einige 100 nm beträgt. Der sich dabei ausbildende pn-Übergang befindet sich dann aber im hochohmigen Bereich der jeweils niedrig dotierten Siliziumscheibe, aber die hohe Trägerlebensdauer bleibt erhalten.

Bei diesem Verfahren werden beispielsweise die zum Bonden vorgesehenen beiden ebenen Oberflächen derart bearbeitet, daß eine Oberflächenebenheit entsteht, die im allgemeinen 2 µm nicht wesentlich überschreitet. Die Oberflächenrauhtiefe ist wesentlich geringer. In wenigstens einer dieser beiden so vorbereiteten Oberflächen werden durch Implantation von Material, beispielsweise von Silizium, in ein Siliziumsubstrat Störungen

gen des Kristallgitters bis zu einer Tiefe von etwa 0,1 bis 0,2  $\mu\text{m}$  hervorgerufen. Durch diese Implantation von Material wird die Oberfläche im atomaren Bereich aufgeraut und die Atome sind somit an der Oberfläche entsprechend leicht verschiebbar. Anschließend erfolgt nicht eine Temperaturerhöhung dieser so vorbereiteten Substrate, sondern es wird lediglich eine Reinigung durchgeführt, beispielsweise mit Aceton und anschließender Wasserspülung, und dann erfolgt eine Reinigung mit Flußsäure und wiederum anschließender Wasserspülung. Damit wird eine gegebenenfalls entstandene Oxidschicht entfernt. Durch eine Oberflächenbehandlung mit verdünnter Säure oder Lauge, beispielsweise mit 5%iger Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{SO}_4$  oder einer Cholin-Lösung, erhält man einen hydrophilen Oberflächenbereich der zu bondenden Oberfläche. Nach dem anschließenden Bonden erfolgt eine Temperaturbehandlung bei einer Temperatur von vorzugsweise wenigstens  $400^\circ$ , insbesondere wenigstens  $1000^\circ\text{C}$ . Bei dieser Nachbehandlung erhält man eine vollständige Bindung im gesamten Bereich der beiden Oberflächen.

Außer Silizium kann auch ein anderes Material, beispielsweise Argon Ar oder Stickstoff  $\text{N}_2$  sowie Sauerstoff  $\text{O}_2$ , in das Halbleitermaterial implantiert werden.

Das Verfahren kann nicht nur beim Verbinden von Siliziumsubstraten, sondern auch bei anderen Halbleiter-Substraten, beispielsweise bei Gallium-Arsenid GaAs, sowie beispielsweise auch beim Verbinden verschiedener Halbleiter, beispielsweise beim Verbinden eines Substrats aus Silizium mit einem Substrat aus Gallium-Arsenid oder auch aus Siliziumkarbid  $\text{SiC}$ , vorteilhaft angewendet werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Halbleiter-Bau-  
elementen durch Bonden der ebenen Oberflächen  
von zwei Teilen, bei dem die beiden Oberflächen  
durch Politur mit einer geringen Rauhtiefe verse-  
hen werden und anschließend in wenigstens eine  
der beiden Oberflächen ein Material eingebracht  
wird und nach einer weiteren Oberflächenbehand-  
lung die beiden Oberflächen gebondet werden, da-  
durch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der  
beiden polierten Oberflächen durch Implantation  
von Material mit einer Kristallgitterstörung verse-  
hen und die Oberflächen dann gebondet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1 zum Bonden von  
Siliziumscheiben, dadurch gekennzeichnet, daß Sil-  
izium implantiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 zum Bonden von  
Siliziumscheiben, dadurch gekennzeichnet, daß Ar-  
gon Ar Stickstoff  $\text{N}_2$  oder Sauerstoff  $\text{O}_2$  implantiert  
wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Implantation bei  
einer Energie von höchstens 100 keV durchgeführt  
wird.

— Leerseite —